



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 198 08 377.7
22 Anmeldetag: 27. 2. 98
43 Offenlegungstag: 9. 9. 99

71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Kromat, Oliver, 44869 Bochum, DE

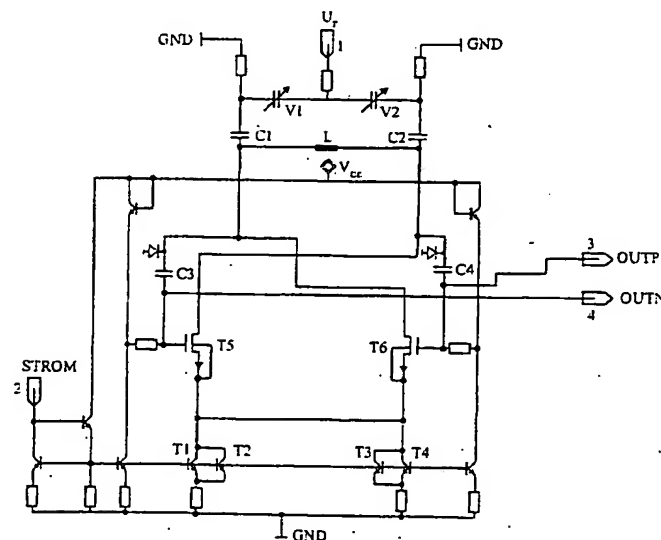
56 Entgegenhaltungen:
DE 43 31 499 A1
US 54 34 544
ROHDE, U. L., CHANG, C. R.: Oszillators with low
Phase and Power consumption, In:
Communications
Quarterly, 1996, Winter, S. 29, 37, 43;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vollintegrierbare spannungsgesteuerte Oszillatorschaltung

57 Beim voll integrierbaren VCO ist eine Spiralinduktivität (L) in Parallelschaltung mit einem von einer Regelspannung gesteuerten Varaktor (V1, V2) als Schwingkreis vorgesehen, der durch einen kreuzgekoppelten NIC (Negative Impedance Converter) entdämpft ist. Die Kreuzkopplung des einen negativen reellen Widerstand in den Schwingkreis hineintransformierenden NICs ist durch eine Wechselstromkopplung (C3, C4) der beiden Ausgänge realisiert. Nur für die Stromquellentransistoren sind bipolare Transistoren (T1 bis T4), dagegen im Stromschalter CMOS-Transistoren (T5, T6) vorgesehen. Der VCO läßt sich z. B. bei DECT-Geräten einsetzen.



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine voll integrierbare spannungsgesteuerte Oszillatorschaltung (VCO) gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Um ein Sprach-/Datensignal für eine optimierte Übertragung über einen Hertz'schen Übertragungskanal (Funk) vorzubereiten, wird dieses Sprach-/Datensignal einem sogenannten Hochfrequenz(HF)-Träger als Modulation aufgebracht. Dieser HF-Träger besteht bei vielen Anwendungen aus sinusförmigen Schwingungen, welche von einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO; Voltage Controlled Oscillator) erzeugt werden.

An den spannungsgesteuerten Oszillator werden je nach Einsatzgebiet, z. B. bei dem im UHF-Frequenzbereich übertragenden DECT (Digital European Cordless Telecommunications)-System, GSM(Global System for Mobile Communications)-System oder bei ähnlichen Systemen, durch die dort bestehenden Normen besondere Anforderungen gestellt. Eine der wichtigsten Anforderungen ist das Niedrighalten des sogenannten Phasenrauschens; da hierüber z. B. die maximale Abstrahlung von Leistung in Nachbarkanäle (im Sendebetrieb) oder von Nachbarkanälen in den Nutzkanal (im Empfangsbetrieb) begrenzt wird.

Diese Anforderungen sind zumeist so hoch, daß es bis heute noch kaum gelungen ist, voll integrierte spannungsgeregelte Oszillatorschaltungen (VCO) herzustellen, die z. B. der DECT-Spezifikation genügen. Die kritische Größe im DECT-Standard ist hierbei das Phasenrauschen des VCOs bei 4,7 MHz Ablage (dritter Nachbarkanal). Dieses liegt laut der Spezifikation bei -132 dBc/Hz .

Aus der Literatur sind bisher drei integrierte spannungsgesteuerte UHF-Oszillatorschaltungen bekannt, welche die DECT-Spezifikationen einigermaßen erfüllen könnten.

Die erste Schaltung geht zurück auf einen Artikel von Bart Jansen, Kevin Negus und Don Lee: "Silicon Bipolar VCO Family for 1.1 to 2.2 GHz with Fully-Integrated Tank and Tuning Circuits" in "1997 IEEE International Solid-State Circuits Conference, ISSCC97/Session 23/Analog Techniques/Papers SP 23.8, 8. Februar 1997", Seiten 392 und 393. Bei diesem bekannten integrierten VCO-Oszillator wird ein Schwingkreis, der aus einer integrierten Spiralinduktivität in Parallelschaltung mit einem integrierten Varaktor besteht, durch eine Schaltung entdämpft, die einen negativen reellen Widerstand in den Schwingkreis hineintransformiert. Eine solche Schaltung wird im allgemeinen als NIC(Negative Impedance Converter)-Schaltung bezeichnet.

Die Regelspannung des VCOs liegt am PN-Übergang der Varaktoren an, durch welche die Gesamtkapazität des Schwingkreises und somit die Schwingfrequenz verändert werden kann. Dieser VCO ist aus Bipolartransistoren aufgebaut. Der Vorteil dieses Transistortyps liegt in seinem geringen $1/f$ -Rauschen, was insbesondere für die Arbeitspunkteinstellung günstig ist.

Der Nachteil besteht in der hohen Steilheit "gm" (Id/Ut) und dem Basisbahnwiderstand der Bipolartransistoren. Wenn die NIC-Schaltung ihren "Nulldurchgang" durchfährt, also beide Transistoren des Stromschalters leitend sind, wird ein relativ großes "Rausch-Ladungspaket" in den Schwingkreis eingebracht, das sich dann im Phasenrauschen nachteilig bemerkbar macht.

Die zweite in diesem Zusammenhang bekannte Schaltung, die auf einen Beitrag von Leonard Dauphinee, Miles Copeland und Peter Schvan: "A Balanced 1.5 GHz Voltage Controlled Oscillator with an Integrated LC Resonator" in "1997 IEEE International Solid-State Circuits Conference, ISSCC97/Session 23 /Analog Techniques/Papers SP 23.7, 8. Februar 1997", Seiten 390 und 391 zurückgeht, beruht auf

einem differentiellen Colpitts-Oszillator. Dieser ist auch aus Bipolartransistoren aufgebaut und weist deswegen dasselbe Problem auf, das bereits in Verbindung mit der ersten bekannten VCO-Schaltung beschrieben wurde.

Die dritte in diesem Zusammenhang bekannte VCO-Schaltung, die auf einen Aufsatz von Jan Craninckx und Michel S. J. Steyaert: "A 1.8-GHz CMOS Low-Phase-Noise Voltage-Controlled Oscillator with Prescaler" in "IEEE Journal of Solid-State Circuits", Vol. 30, No. 12, Dezember 1995, Seiten 1-474 bis 1482 zurückgeht, ist im Gegensatz zu den ersten beiden vorstehend behandelten integrierten VCO-Schaltungen aus CMOS-Transistoren aufgebaut.

Im Resonanzkreis wird eine Bonddrahtinduktivität benutzt, was wegen der nicht so guten Reproduzierbarkeit des Induktivitätswertes einen Schwachpunkt dieser Technik bildet. Die Schaltung zur Entdämpfung des Schwingkreises ist in dem Aufsatz nicht näher beschrieben. Es ist anzunehmen, daß auch hier ein NIC-Typ benutzt wird.

Der Nachteil der CMOS-Transistoren ist das relativ hohe $1/f$ -Rauschen dieses Transistortyps. Die Eckfrequenz des $1/f$ -Rauschens liegt bei CMOS-Transistoren typisch im MHz-Bereich, wohingegen sich diese bei Bipolartransistoren im kHz Bereich befindet. Der Vorteil des CMOS-Transistors ist die relativ niedrige Steilheit "gm", welche den Rauschbeitrag im Umschaltzeitpunkt des Stromschalters vernachlässigbar klein macht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Maßnahmen anzugeben, durch welche die Vollintegration eines im UHF-Bereich betriebenen spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) unter Einhaltung der durch bestehende Normen, insbesondere des DECT-Standards, gestellten Anforderungen, insbesondere hinsichtlich des Phasenrauschens, unter der Berücksichtigung der Parameterschwankungen des Halbleiterprozesses sicher erreicht wird.

Die kritische Größe im DECT-Standard ist hierbei das Phasenrauschen des VCO bei 4,7 MHz Ablage (dritter Nachbarkanal). Dieses liegt laut der Spezifikation bei -132 dBc/Hz und soll daher bei der zu schaffenden VCO-Oszillatorschaltung mit mindestens -140 dBc/Hz angesetzt werden, um die Spezifikationserfüllung auch unter Parameterschwankungen des Halbleiterprozesses zu gewährleisten.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Anordnung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Die spannungsgeregelte Oszillatorschaltung nach der Erfindung kombiniert die Vorteile des CMOS-Transistors und des Bipolartransistors in einer Schaltung.

Zweckmäßige Weiterbildungen und Verwendungsmöglichkeiten der Oszillatorschaltung nach der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels, dessen Schaltung in einer beigefügten Figur dargestellt ist, erläutert.

Als differentiell aufgebaute, symmetrische Schwingkreisschaltung wird bei dem in der Figur dargestellten voll integrierbaren VCO-Oszillator eine integrierte Spiralinduktivität L parallel zu zwei integrierten Varaktoren V1 und V2 benutzt. Im Schwingkreis liegen noch zwei Kondensatoren C1 und C2 in zueinander symmetrischer Weise.

Die frequenzbestimmende Regelspannung U_r des VCOs wird am Eingang 1 zugeführt und greift am PN-Übergang der beiden Varaktoren V1 und V2 an, durch welche die Gesamtkapazität des Schwingkreises und somit dessen Schwingfrequenz verändert werden kann. Der Schwingkreis wird durch einen NIC-Schaltungstyp (Negative Impedance Converter) entdämpft, die einen negativen reellen Widerstand in den Schwingkreis hineintransformiert.

Hierbei wird aber die Kreuzkopplung der NIC-Schaltung

nicht über Emittierfolger, sondern über eine Wechselstrom-Kopplung der beiden Ausgänge mit Hilfe der beiden Kapazitäten C3 und C4 erreicht. Als Stromquellentransistor wird hierbei ein Bipolartransistor und zwar im speziellen Fall eine Parallelschaltung von Bipolartransistoren T1 bis T4 benutzt. Durch diese Maßnahme macht man sich hier die Vorteile des geringen $1/f$ -Rauschens von Bipolartransistoren zu Nutze, was insbesondere für die Arbeitspunkteinstellung günstig ist.

Das Stromsignal STROM wird der Stromquelle an einem Eingang 2 zugeführt. Im Stromschalter werden zwei CMOS-Transistoren T5 und T6 eingesetzt, um hier die geringere Steilheit "gm" (T_c/UT) dieses Transistortyps auszunutzen. Die relativ niedrige Steilheit "gm" der CMOS-Transistoren macht den Rauschbeitrag im Umschaltzeitpunkt des Stromschalters vernachlässigbar klein.

Die differentiellen sinusförmigen Ausgangsschwingungen OUP und OUTN werden der in der Figur dargestellten spannungsgeregelten Oszillatorschaltung an den Ausgängen 3 und 4 abgenommen. Eine Betriebsgleichspannung V_{cc} dient in Verbindung mit weiteren, im einzelnen nicht zu erläuternden Transistoren der geeigneten Spannungsversorgung der dargestellten Oszillatorschaltung. Mit GND ist der Massepol der dargestellten voll integrierbaren Oszillatorschaltung bezeichnet.

Mit der beschriebenen Verschaltung im Ausführungsbeispiel eines VCOs nach der Erfindung können bei Einsatz beim DECT-Standard um bis zu 7 dB bessere Werte im Phasenrauschen erzielt werden, insgesamt bis zu -146 dBc/Hz bei 4,7 MHz Ablage vom Träger, als mit einer voll integrierten VCO-Oszillatorschaltung, die rein aus Bipolartransistoren aufgebaut ist.

Es zeigt sich auch, daß bei einem rein in Bipolartechnik aufgebauten, voll integrierten Oszillator die Stromschaltertransistoren die begrenzenden Elemente sind, wohingegen dies beim BiCMOS-Oszillator die parasitären Elemente der Schwingkreisinduktivität sind.

Bezugszeichenliste

C1, C2 Kapazitäten im Schwingkreis
C3, C4 Kapazitäten zur Wechselstrom-Kopplung
GND Masse
L Spiralinduktivität
OUP, OUTN differentielle Ausgangsschwingungen
STROM Eingangsstromsignal
T1 bis T4 bipolare Transistoren
T5, T6 CMOS-Transistoren
 U_r Regelspannung
V1, V2 Varaktoren
 V_{cc} Betriebsgleichspannung
1 Eingang für Regelspannung
2 Stromversorgungsingang
3, 4 Oszillatorausgänge

Patentansprüche

1. Vollintegrierbare spannungsgesteuerte Oszillatorschaltung (VCO; Voltage Controlled Oscillator) zur Erzeugung von sinusförmigen UHF-Schwingungen, die bipolare Transistoren aufweist und bei der eine integrierte Spiralinduktivität in Parallelschaltung mit einem integrierten Varaktor, an dessen PN-Übergang die resonanzfrequenzbestimmende VCO-Regelspannung angreift, als Schwingkreis vorgesehen ist, der durch eine kreuzgekoppelte sogenannte NIC (Negative Impedance Converter)-Schaltung entdämpft ist, die einen negativen reellen Widerstand in den Schwingkreis hineintransformiert, dadurch gekennzeichnet, daß die

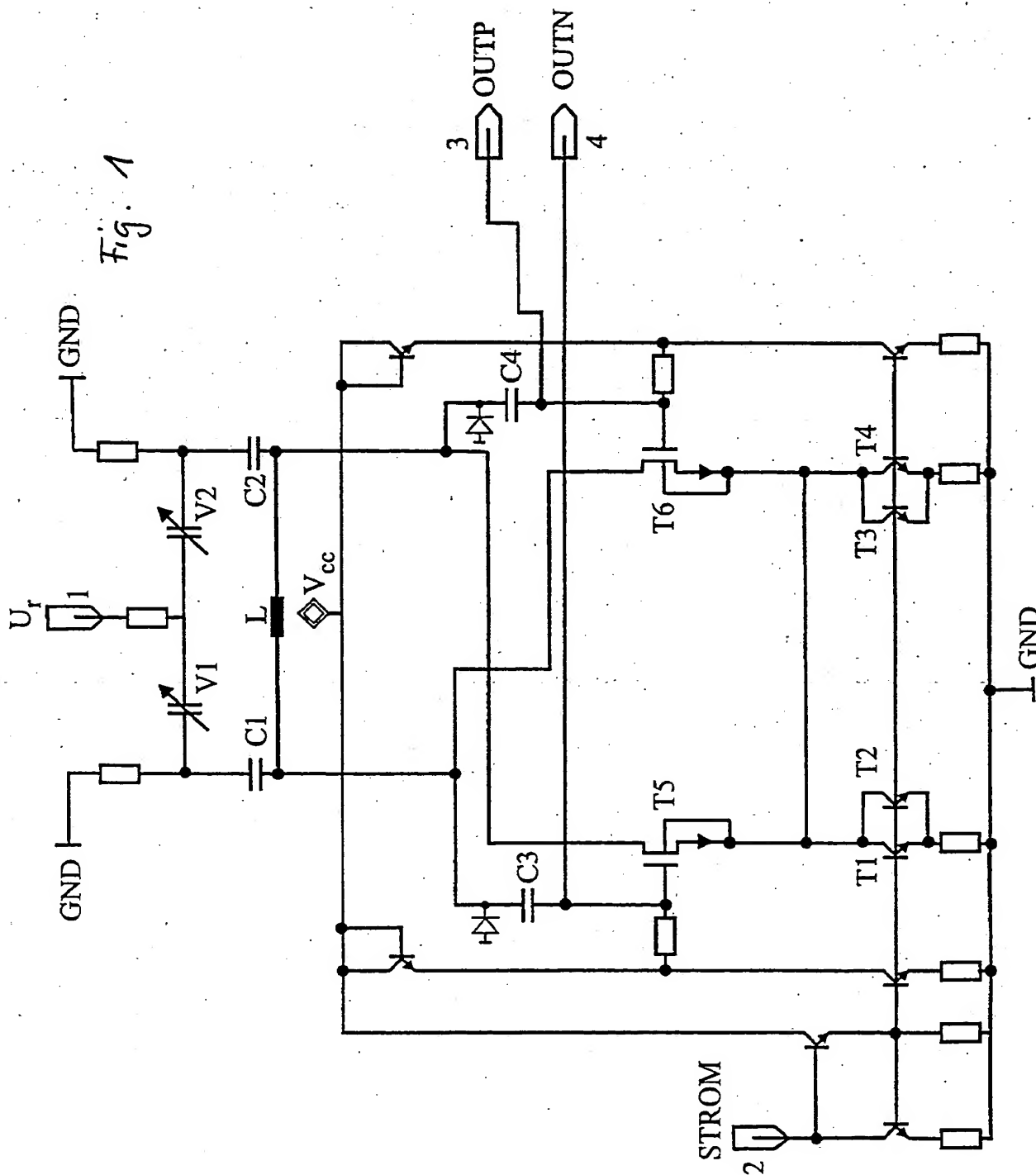
Kreuzkopplung der NIC-Schaltung durch eine Wechselstromkopplung (C3, C4) der beiden Ausgänge realisiert ist, und daß nur für die Stromquellentransistoren bipolare Transistoren (T1 bis T4), dagegen im Stromschalter CMOS-Transistoren (T5, T6) vorgesehen sind.

2. Oszillatorschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingkreis durch eine symmetrisch aufgebaute, differentielle Schwingkreisschaltung mit zwei integrierten Varaktoren (V1, V2), zwei Kondensatoren (C1, C2) und einer gemeinsamen integrierten Spiralinduktivität (L) gebildet ist.

3. Oszillatorschaltung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Erstellung in einem BiCMOS-Halbleiterprozeß.

4. Oszillatorschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Verwendung als UHF-Oszillator bei Funkeinrichtungen im Rahmen eines DECT (Digital European Cordless Telecommunications)-Systems oder eines ähnlich gearteten Funksystems.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



Fully integratable v ltag c ntr lled scillator (VCO) circuit

Patent Number: US6081167
Publication date: 2000-06-27
Inventor(s): KROMAT OLIVER (DE)
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)
Requested Patent: DE19808377
Application Number: US19990259642 19990301
Priority Number(s): DE19981008377 19980227
IPC Classification: H03B5/12; H03B5/18
EC Classification: H03B5/12C1
Equivalents: FR2778515, GB2334837

Abstract

A fully integratable voltage controlled oscillator (VCO) circuit includes a tuned circuit having a spiral inductance connected in parallel with a varactor controlled by a control voltage. Damping of the tuned circuit is counteracted by a cross-coupled NIC (Negative Impedance Converter). The cross-coupling of the NIC, which transforms a negative resistance into the tuned circuit, is provided by AC coupling of two outputs. Bipolar transistors are provided only for current source transistors, while in contrast CMOS transistors are provided in a current switch. The VCO can be used, for example, in DECT units.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

55008 A. 11/11/00 11:54
C011-017 (P00) .12:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DOCKET NO: P2001, 0382

SERIAL NO: _____

APPLICANT: K. J. Feilkas et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100